

Integrazione di tecniche combinate fotogrammetriche nella navigazione multi sensore GNSS/INS

Mattia De Agostino (*), Andrea Lingua (*), Davide Marenchino (**), Francesco Nex(*),
Marco Piras (*)

(*) DITAG – Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell’Ambiente e delle Geotecnologie, Politecnico di Torino
C.so Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino. (mattia.deagostino/andrea.lingua/francesco.nex/marco.piras)@polito.it

(**) ITHACA – Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action.
Via Pier Carlo Boggio 61, 10129 Torino. davide.marenchino@polito.it

I sistemi di *mobile mapping* (MMS) sono sempre più usati per acquisire informazioni spaziali come immagini, grafi stradali, nuvole di punti che vengono georiferite usando solitamente sistemi di navigazione GNSS/INS di alto costo e prestazioni. I sistemi MMS disponibili sul mercato offrono buoni risultati, in termini di qualità dei dati e rapidità di utilizzo, ma la loro diffusione è limitata dall’elevato costo.

L’evoluzione dei sistemi di posizionamento satellitare ed inerziale, ha permesso anche la diffusione dei primi prototipi di veicoli per il *mobile mapping* a basso costo, come ad esempio quello realizzato dal gruppo di ricerca di Geomatica del Politecnico di Torino (Bendea et al. 2008).

Il sistema denominato LCMMS è composto da una barra metallica in grado di essere montata su qualsiasi autoveicolo, in grado di ospitare fino a tre antenne GNSS e sino a due sensori inerziali e tre webcam ad alta risoluzione.

La realizzazione di tali sistemi richiede la risoluzione di una serie di problemi, sia teorici che pratici, legati all’impiego di strumentazione di basso costo, come ad esempio la sincronizzazione tra i diversi sensori e la calibrazione degli stessi (Piras et al., 2008). Se però tali problemi possono essere risolti mediante lo sviluppo di appositi strumenti *hardware* e *software*, i problemi legati al posizionamento integrato con strumenti di basso costo rimane di difficile soluzione. Infatti, a causa degli errori sistematici (*bias*) e delle derive (*drift*) elevati, i sensori inerziali di tipo MEMS sono difficilmente utilizzabili per scopi di posizionamento di precisione.

Per tale motivo, l’impiego di informazioni ausiliarie per il calcolo degli stati della navigazione (posizioni, velocità ed assetti del veicolo) rappresentano senza dubbio un valido aiuto per rendere più robusto il sistema di navigazione. Tali informazioni possono essere fornite a partire dalle posizioni e dagli assetti derivati da un sistema multi-antenna GNSS e dalle mutue distanze tra le antenne (Cina et al., 2009).

Per quanto concerne l’integrazione GNSS/INS, si è usato sia la tipologia *loosely-coupled* (integrazione “lasca”), che consente di calcolare la stima degli stati di navigazione a partire dalle soluzioni dei due sistemi GNSS ed INS, considerati indipendenti, sia l’approccio *tightly-coupled* (integrazione “stretta”) che permette di ottenere la soluzione degli stati di navigazione a partire dalle osservabili GNSS (codici e fasi), e non dalla posizione GNSS. Si rimanda a (De Agostino, 2009) e a (Cina et al 2009) per la descrizione completa degli algoritmi di integrazione. Dei due approcci, quello “tightly” presenta degli indubbi vantaggi soprattutto in presenza di ambienti che possono disturbare la ricezione del segnale satellitare, come ad esempio viali alberati ed *urban-canyons*. Infatti, questo tipo di algoritmo consente di calcolare una correzione alla soluzione inerziale anche quando vengano tracciati meno di quattro satelliti GNSS.

Tuttavia, la sola integrazione GNSS/IMU non permette risultati soddisfacenti durante lunghi periodi di assenza del segnale GNSS (>40 sec.). Infatti, in questi casi (gallerie, aree boschive, ecc.) gli errori sistematici e le derive dei sensori MEMS non possono essere compensati da altri sensori.

In questo contesto, l'estrazione di punti di interesse dalle immagini acquisite dal LCMMS e il loro successivo trattamento con tecniche fotogrammetriche permette di incrementare la ridondanza del sistema. Tali immagini, infatti, (risoluzione 960x720 pixel) hanno una buona ricopertura in quanto lo stesso particolare è visibile in 3-5 frame consecutivi.

L'utilizzo di queste immagini è purtroppo piuttosto complesso poiché devono essere affrontati problemi dovuti alle geometrie di presa, a variazioni di scala, di luminosità e di contrasto; inoltre, la loro ridotta risoluzione rende ancor più critico il ricorso alle tradizionali tecniche automatiche di *feature extraction and matching*. Per questo motivo, è stato implementato una versione modificata dell'operatore SIFT (Lowe, 2004) la quale ne migliora l'estrazione di punti di interesse in zone caratterizzate da bassa tessitura radiometrica, quali le aree asfaltate o vegetate: tale implementazione, l'A²SIFT (Lingua ed al., 2009), permette di estrarre più di 100 coppie di punti omologhi anche in zone caratterizzate da scarse informazioni radiometriche. Un orientamento relativo robusto permette di eliminare successivamente le coppie errate fornendo quindi i punti di legame da utilizzare nel successivo orientamento a stelle proiettive. Quest'ultimo processo è ottenuto integrando le informazioni fotogrammetriche con quelle provenienti dal sistema GNSS/IMU. A seconda delle precisioni ottenute dai singoli sistemi, ciascuno di essi è pesato diversamente nella soluzione finale. In generale, la qualità delle soluzioni che i sistemi possono fornire sono complementari fra loro: in campo aperto, ad esempio, le immagini hanno uno scarso contenuto informativo (sono visibili l'asfalto, il cielo e poca vegetazione a ciglio strada) e non sono in grado di fornire una buona soluzione, mentre il segnale GNSS riesce a tracciare un alto numero di satelliti, dando un'ottima soluzione integrata con l'IMU. Al contrario, lungo un tratto in galleria o in una zona alberata, il numero di punti omologhi estratti dalle immagini è decisamente alto, fornendo quindi un valido supporto nella definizione della posizione del veicolo, ove la soluzione GNSS/IMU è scadente.

Per questo motivo l'approccio sopra descritto è stato testato in tre diverse condizioni operative: campo aperto, area urbana e completa occlusione (es. galleria). Queste sono le classiche condizioni tipo in cui un veicolo per il *mobile mapping* si trova solitamente ad operare. Per ognuno dei casi analizzati, come traiettoria di riferimento è stata considerata sia quella ottenuta con il LCMMS (ove disponibile) sia con un MMS dotato di un sistema di navigazioni di elevate prestazioni. I primi test effettuati hanno fornito risultati incoraggianti, dimostrando un discreto miglioramento della precisione della traiettoria, anche se sono allo studio alcune migliorie che saranno messe in atto nei prossimi mesi.

Bibliografia

- Cina A., De Agostino M., Piras M. (2009), "A Full-state Low-cost GNSS/INS System for Mobile Mapping Applications", *Proceedings of the 6th Symposium on Mobile Mapping Technologies*, Presidente Prudente, BRA.
- Lingua A., Rinaudo F., (2000). Aerial triangulation data acquisition using a low cost digital photogrammetric system. In: *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII/B2*; p. 449-454, ISSN: 0256-1840
- Lingua A., Marenchino D., Nex F., (2009). Performance Analysis of the SIFT Operator for Automatic Feature Extraction and Matching in Photogrammetric Applications. In: *Sensors 2009*, 9(5), 3745-3766; DOI: 10.3390/s90503745
- Lowe, D., (2004). Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision* 2004, 60(2), 91-110.
- Piras M., Cina A., Lingua A. (2008), "Low cost mobile mapping system: an Italian experience" *PLANS 2008 proceedings*, Monterey, CA, USA.